

Propiedades mecánicas de nuevos materiales obtenidos de residuos industriales y su aplicación

Vite Torres Jaime^{1*}; Carreño León María del Carmen²; Vite Torres Manuel³; Reyes Astivia Jesús Eliseo³ y Castillo Sánchez Martín³

* Autor por correspondencia

¹Dpto. de Estudios del Ambiente. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) Carretera México-Toluca s/n La Marquesa Ocoyoacac, México, CP 52750 Fax: (52 55) 53 29 73 88.

E-mail: jaimete@inin.gob.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Instituto Tecnológico S/N. Ex-Rancho la Virgen. Metepec, Edo. de México, Tel: 722 2 08 72 00 al 08 Ext.: 390 C. P. 52140.

E-mail: mcarrenod@ittoluca.edu.mx

³SEPI, ESIME, IPN, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Departamento de Ingeniería Mecánica Av. Instituto Politécnico Nacional Nacional S/N Edificio 5, tercer piso, Cubículo 23. Col Lindavista. C.P. 07738, México D. F.

E-mail: drmanuelvite@hotmail.com; astivia2000@hotmail.com; avinfer@hotmail.com.

Un caso importante, es lo relacionado con aquellos jales, cuyo contenido de pirita (FeS_2) es elevado y por ende están sujetas a reacciones químicas, ocasionadas por el intemperismo en jales. Ante este panorama, es importante procesar los jales para utilizarlos en diferentes aspectos, tal es el caso de su uso para la construcción de rellenos en la nivelación de carreteras o como aditivos para mezclas asfálticas, o bien para la construcción de diques de ellos mismos. [2-7].

Por otra parte, la composición química de las diatomitas, consiste de dióxido de silicio (SiO_2) y es una roca sedimentaria marina, otros componen-

Resumen

En esta investigación fueron utilizados un equipo especial y un proceso patentados por nosotros, en los Estados Unidos y México. Se estudiaron los residuos industriales sólidos granulares provenientes de la minería y de tierras diatomáceas, de ésta última se extrajo el material orgánico mediante técnicas físico químicas, utilizando solventes químicos y un tratamiento térmico, siguiendo la metodología experimental desarrollada. Los productos obtenidos fueron mezclados con aglutinantes para lograr un material sólido. Se analizaron las propiedades mecánicas de este nuevo material, tales como: resistencia a la compresión, se evaluaron de acuerdo a las normas internacionales ASTM. Los resultados experimentales mostraron que es más ligero, así como también tienen una resistencia a la compresión más alta en comparación con los materiales convencionales.

Palabras clave: Lixiviación de metales pesados, columnas termostatazadas, residuos industriales sólidos granulares peligrosos, Tierras diatomáceas, mineros.

Abstract

In this research were used a special equipment and a process patented for us. in the United States and Mexico. We studied the industrial granular wastes from mining industry and diatomaceous earth, of the latter, organic material was extracted by physic chemical technic using organic solvent and a thermic treatment. Following the experimental methodology developed. The products obtained were mixed with binders to achieve a solid material. The mechanical properties of this new material, such as: compressive strength was evaluated according to ASTM international standards. The experimental results showed, that it is lighter also it has a higher compressive strength compare to conventional materials.

Introducción

La introducción en 1887[1] del proceso de lixiviación de metales, utilizando el cianuro de sodio, revolucionó las técnicas para la obtención de oro y plata. A partir de entonces es un método utilizado en todo el mundo para la recuperación de éstos y otros metales. La actividad minera genera los residuos sólidos conocidos popularmente como jales (voz náhuatl derivada del xalli, que significa arena). Estos residuos se generan en unas 330000 toneladas diarias en México, aproximadamente.

tes de estos materiales son arena, arcilla, ceniza volcánica, carbonato de magnesio, sales solubles y materia orgánica. Las diatomitas son utilizadas fundamentalmente como filtros, material aislante ó material de relleno. En el primer caso la sustancia se utiliza para filtros de lodos residuales. Otra aplicación es en la refinación de azúcar, así como en varias plantas industriales de solventes antibióticos, grasas y aceites. En muchos otros casos se utilizan tierras diatomáceas para proceso de separación. La diatomita, queda contaminada con material orgánico, después de utilizarse en los procesos antes descritos. Obteniéndose de esta manera los Residuos Industriales de Tierras Diatomáceas (R. I. T.D.).

Las metas de este trabajo de investigación fueron las siguientes:

1. Obtener muestras representativas de residuos industriales granulares sólidos mineros (R.I.M.) y Tierras Diatomáceas los cuales serán analizados cualitativa y cuantitativamente.
2. Lixiviación de las muestras de residuos industriales de origen minero utilizando columnas termostatzadas; a fin de eliminar o mitigar la presencia de metales pesados presentes en la matriz química del residuo.
3. Elaboración de probetas a partir de las muestras obtenidas, optimizando la aplicación de los agentes conglomerantes en la producción de los materiales de construcción.
4. Estudio de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los materiales obtenidos. Examinando dichas propiedades mediante normativas internacionales de ASTM.

Objetivos

1. Ajustar sustentablemente a un beneficio económico y ambiental el manejo y aplicación de residuos industriales sólidos y semisólidos provenientes de residuos sólidos granulares de la industria minera (R.I.M.), así como de tierras de filtros (Tierras Diatomáceas).
2. Eliminar los impactos al ambiente y a la salud de la población generada por el manejo inadecuado de residuos sólidos y semisólidos que se almacenan frecuentemente a cielo abierto, los cuales son dispersados por el viento y el agua de lluvia.

3. Generar una propuesta basada, en su factibilidad técnica, económica y social para la implementación de un proceso que sirva a la producción de insumos para la industria de la construcción.

Tratamiento de residuos industriales sólidos granulares de origen minero y tierra diatomacea

En nuestro laboratorio logramos eliminar el material orgánico adherido a las tierras diatomáceas, aplicando un proceso Físico-Químico, desarrollado por nosotros (En la figura 1), se puede apreciar la morfología de una de las muestras obtenidas, de residuos industriales sólidos granulares procedentes de Tierras diatomáceas). Después de ello mezclamos el material sólido granular de Tierras diatomáceas, con diferentes agentes conglomerantes y se analizó la resistencia a la compresión de probetas elaboradas con estos materiales, después de realizar dichas pruebas, se pudo comprobar, que el material obtenido utilizando Tierras diatomáceas y agentes conglomerantes, tiene menor resistencia a la compresión, en comparación con las obtenidas con R.I.M. y agentes conglomerantes, pero a cambio de ello se obtuvo un material mucho más ligero.

Para analizar las propiedades físicas y químicas que se podrían obtener de estos materiales, se mezclaron Residuos Industriales Mineros (R.I.M.) y Residuos de Tierras Diatomáceas (R.I.T. D.), utilizando 3 agentes conglomerantes, que fueron Arcilla, Caolín y Cemento. Los mejores resultados con respecto a la resistencia a la compresión la ofrecieron las probetas que utilizaron arcilla como agente conglomerante.

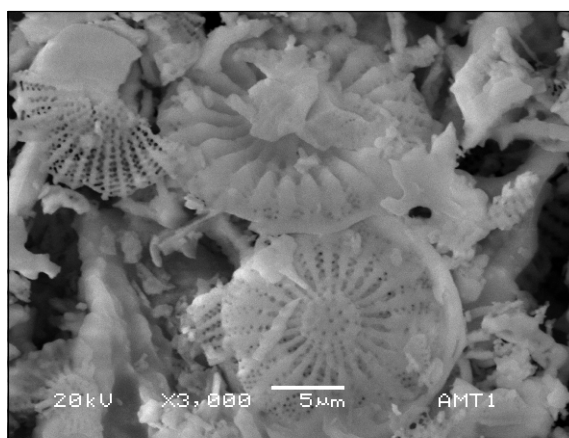


Figura 1. Morfología Característica de la Tierra de Diatomácea.

Para determinar la presencia y la concentración de cianuro y metales pesados, se tomaron muestras representativas de R.I.M. y se analizaron, cualitativa y cuantitativamente utilizando técnicas convencionales y nucleares. Posteriormente, se procedió a eliminar el contenido de cianuro utilizando Columnas Termostatzadas Acopladas, cuyo proceso y equipo patentamos, [8-10] para lo cual se coloca las muestras de R.I.M. en el interior se agrega hipoclorito de sodio, y establecemos la temperatura en Las Columnas de 28 OC, durante 20 minutos, concluido este proceso, se realiza la separación sólido-líquido. la muestra sólida, se seca y se coloca nuevamente en las Columnas Termostatzadas Acopladas, a fin de lixiviar los metales pesados para lo cual se mezcla la muestra de jales con agentes reductores, surfactantes y complejantes, realizando el proceso de lixiviación en diferentes rangos de pH, agregando ácido ó una base, se agitó la pulpa, mediante la inyección de aire y se procesa cada muestra, durante 120 minutos, a 60 OC. Después de lo cual se realiza la separación sólido-líquido. El sólido se analiza cualitativa y cuantitativamente, a fin de verificar la disminución de la concentración de cianuro y de metales pesados en las muestras, si se observa algún rango de concentración de

un componente tóxico, se repite la operación hasta obtener muestras inocuas.

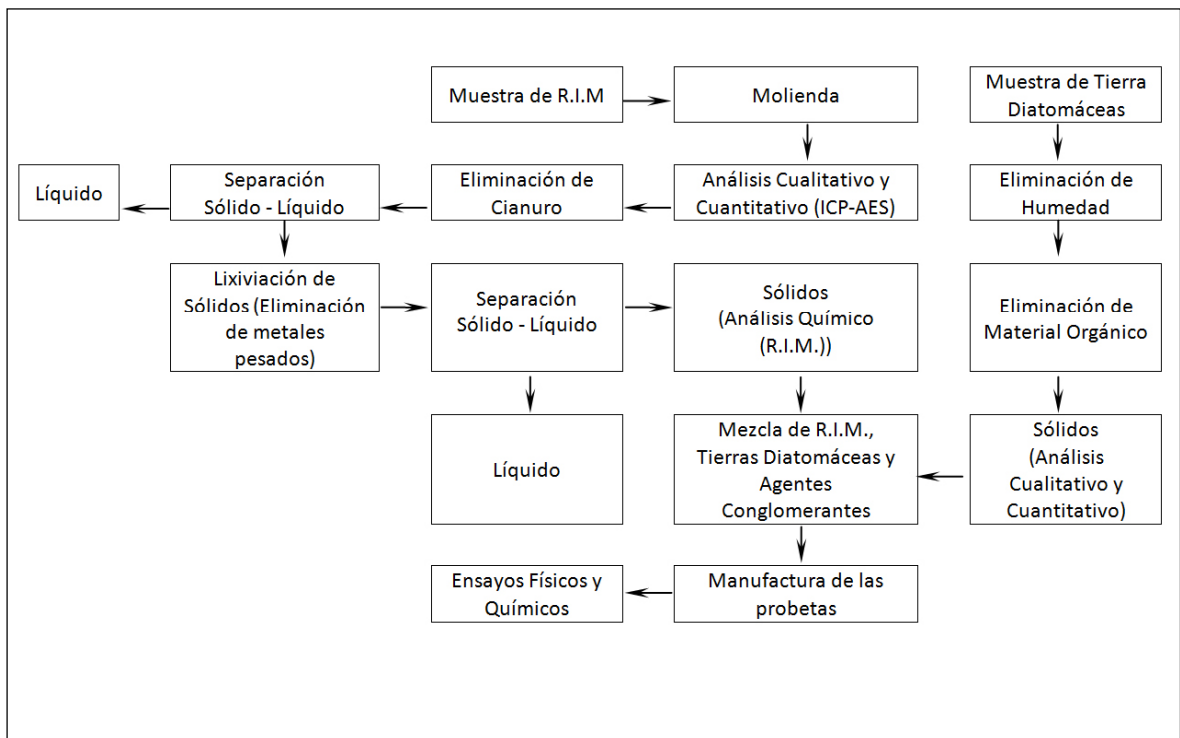
El tratamiento de los residuos industriales mineros para la lixiviación de cianuro y metales pesados utilizando las Columnas Termostatzadas Acopladas, fue exitoso, ya que se eliminó el 100% del contenido de Cianuro, así como, entre el 80-100% del contenido de metales pesados ocluidos en la matriz química del material.

Tratamiento de tierras Diatomáceas

Las muestras de Tierras Diatomáceas, fueron obtenidas de una Industria productora de gredina, dichas muestras fueron procesadas mediante una técnica Físico-Química, eliminando de esta manera el material orgánico ocluido, concluido este paso, se tomaron muestras representativa y se analizaron cualitativa y cuantitativamente, posteriormente, la Tierra Diatomácea, se mezcló con muestras de R.I.M. y agentes conglomerantes, con el objeto de elaborar probetas, cuyas propiedades químicas, físicas y mecánicas fueron analizadas.

En el siguiente esquema se presenta un diagrama de flujo de la elaboración de materiales a partir de R.I.M. y Tierras Diatomáceas.

En las siguientes figuras se presentan algunos de los resultados obtenidos:



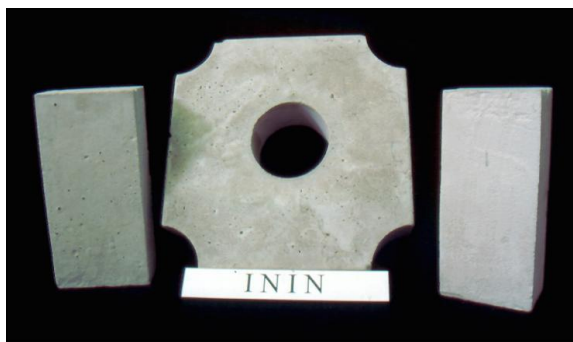


Figura 3. Ladrillos y celosías obtenidas de residuos industriales sólidos granulares de origen minero (R.I.M.) y Tierras Diatomáceas, las cuales duplican en resistencia a la ruptura comparado con los ladrillos convencionales, de acuerdo a la norma ASTM C-170-50, asimismo, el porcentaje de absorción en el material obtenido es menor (cerca de 17.1%) que el exigido por la norma ASTM C-97-47, cuyo valor máximo es de 25%.

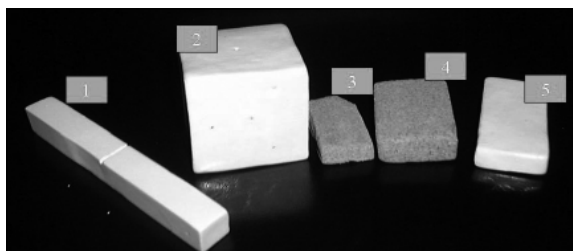


Figura 4. Probetas fabricadas de Arcilla con R.I.M. y Tierras Diatomáceas: 1) Para prueba de impacto y flexión, 2) Para el ensayo de compresión, 3) Para prueba de desgaste erosivo, 4) para el experimento de abrasión húmeda, 5) para el ensayo de abrasión seca.

la de un ladrillo convencional cuya resistencia oscila entre 80-100 Kg/cm², además el peso del material obtenido, fue menor entre 20-25% que el peso de los ladrillos convencionales, tuvo menos porosidades y es un material sustentable, debido a que los costos, para su elaboración fueron 25% menores, que los materiales que existen en el mercado.

Se procesaron las probetas de la siguiente manera:

Muestra 1A. Se mezcló 50% de R.I.M., 40% de R.I.T.D y 10% de agente conglomerante.

Muestra 1B. Se mezcló 40% de R.I.M. 40% de R.I.T.D. y 20% de agente conglomerante.

Muestra 1C. Se mezcló 35% de R.I.M., 35% de R.I.T.D. y 30% de agente conglomerante.

Los parámetros obtenidos fueron los siguientes:

- σ_{max} - Esfuerzo máximo
- ϵ_{max} - Deformación máxima

Resultados de las pruebas mecánicas realizadas en probetas de tierra de diatomácea utilizando al cemento como agente conglomerante.

Tabla1. Resultados de las Pruebas Mecánicas

Muestra No.	Agente Conglomerante	σ_{max} (Kg/cm ²)	ϵ_{max} (%)
1A	10%	119.7	2.7
1B	20%	151.9	2.5
1C	30%	160.3	3.0

Pruebas mecánicas

La resistencia a la compresión según las normas ASTM C-170-50 y la ASTM C-36.

Las pruebas de compresión requieren someter la muestra a una carga a compresión, hasta que se rompa o se fracture. Se pueden hacer pruebas de compresión en la mayoría de los materiales, en los cuales, en la mayor parte de los casos, se rigen por la norma ASTM C170-50. Entre los que podemos mencionar a los productos de cemento, concreto, caucho, madera, plástico y arcillas (cerámicos).

En la figura 5, se muestra, que la resistencia a la compresión de las probetas analizadas, tuvo un máximo, cuando el contenido del agente conglomerante fue del 30% en volumen siendo esta resistencia de 160.3 Kg/cm² y un mínimo de 119.7 Kg/cm², cuando el contenido del conglomerante, fue de 10%. Pero en ambos casos fue superior a

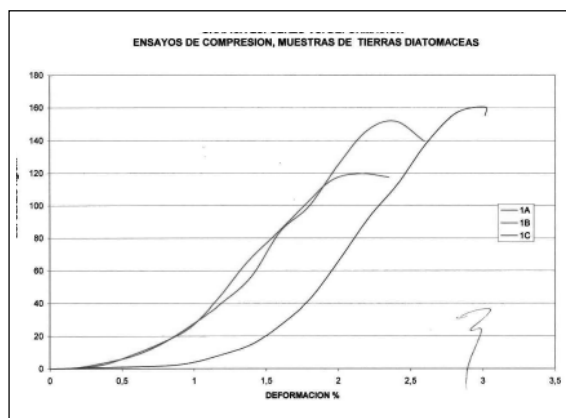


Figura 5. Resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión en cubos de 2 pulgadas elaboradas de la mezcla de residuos industriales sólidos granulares de la industria minera, residuos de Tierras diatomáceas y agente conglomerante (arcilla).

Conclusiones

Utilizando las columnas termostatazadas es posible eliminar completamente el contenido de cianuro y metales pesados presente en los jales recientemente procesados. Después de este tratamiento, el material sólido se seca, caracteriza y se procesa, mezclándolo con residuos de Tierras Diatomáceas y con agentes conglomerantes, cuyo resultado final ofrece un material con excelentes propiedades mecánicas para su aplicación en las industrias de la construcción.

Los ladrillos obtenidos, tuvieron excelentes propiedades físicas y mecánicas, como es una mayor resistencia a la compresión que los ladrillos convencionales.

Los materiales obtenidos son entre 20-25% más ligeros, que los materiales convencionales, tienen además menos porosidades y son sostenibles, debido a que los costos de elaboración son 25% menores, en comparación con otros materiales utilizados en la rama de la construcción.

Existe una amplia variedad de posibilidades de utilizar residuos sólidos granulares de origen minero y residuos de Tierras diatomáceas para ser aplicados en la Industria de la construcción ó bien para la elaboración de materiales cerámicos.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen la valiosa participación de los siguientes colaboradores, al Técnico Roberto Carlos Gonzalez Díaz, y al Ing. Julio Cesar Zenteno Suarez del departamento de tecnología de materiales, así como al Técnico Jorge Perez del Prado. Del departamento de microscopía electrónica

Referencias

- [1] Li, J. and Wadsworth, E.M. (1993). Electrochemical Study of Silver Dissolution in Cyanide Solutions, J. Electrochemical soc. Vol. 140, No. 7, pp 1921-1927.
- [2] Wills B. (1994) "Tecnología del Procesamiento de Minerales". Editorial Limusa México, 250pp.
- [3] Vite-Torres J., Díaz-Calva A., Vite-Torres M., and Carreño de Leon C., (2003) "Application of Coupled Thermostatted Columns in Civil Engineering and for Leaching Heavy Metals of Wastes from Foundry Sands and Mining". Int. J. of Environmental and Pollution, Vol. 19 No. 1 pp 46-65.

[4] Sengupta, M. (1993) "Environmental Impacts of Mining Monitoring, Restoration and Control. Lewis Publishers. United States of America 447 pp.

[5] Orozco, R.V., y Orozco, Y.Y. (1992). "Las Presas de Jales en México, Criterios Básicos para su Proyecto, Construcción y Operación", XVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Zacatecas, México.

[6] Presas de Jales Industriales y Mineros (1996). Informe de la 44a Reunión Ejecutiva del Comité ICOLD (World Register of Tailings Dams and Industrial Waste Embankments, Paris). 38 pp.

[7] Botz, M. y Stevenson, J. (1995). "Cyanide Recovery and Destruction". Engineering and Mining Journal. Vol. 196, pp 44-47.

[8] Vite, J. (1994a) "Apparatus for Extracting Metal Values from Foundry Sands U.S. Patent". 5376000. Dic.

[9] Vite, J. (1994b). "Process for Extracting Metal Values from Foundry Sands U.S. Patent". 5356601 Oct.

[10] Vite J., (2013). Method and device for treating Diatomaceous earth waste and other waste in order to obtain construction materials. U.S. patent application serial number 13/878,938;

